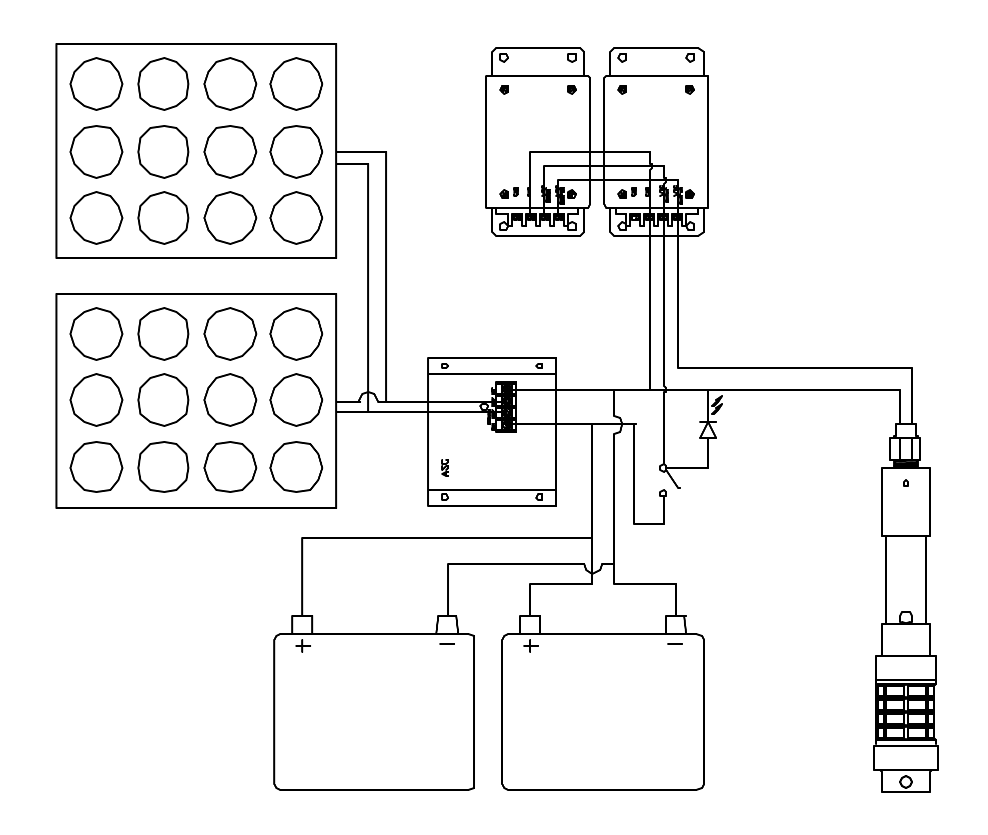
Manual de instalación, operación, y mantenimiento

Para los generadores de hipoclorito de sodio "in-situ"
Aquachlor AC5 y AC25 Solar



SICSA

ING. NERY MARTIN MENDEZ

14 CALLE "B" 15-20 ZONA 10 OKLAND GUATEMALA,C.A

TEL. 367-5959; 368-1815; E MAIL: sicsa@guate.net

Contenido

Descripción del Sistema

El sistema Aquachlor le proporciona un excelente desinfectante que elimina enfermedades acarreadas en el agua como el cólera, tifoidea, hepatitis, y otras. La baja concentración relativa del hipoclorito generado es inofensiva al medio ambiente, a su vez manteniendo un alto poder desinfectante.

El sistema consiste de un electrodo generador de cloro, y de un sistema solar para generar, almacenar y proporcionar energía al electrodo. El electrodo generador convierte una salmuera al 3% de concentración en una solución de hipoclorito de sodio equivalente a 0.6% de cloro. Esta solución puede ser usada para cualquier uso que requiera cloro.

Datos Técnicos

Electrodo Generador	**AC5S**	**AC25D**
Ciclo de producción	8 horas	8 horas
Promedio de producción por hora	5.5 gramos por hora	25 gramos por hora
Cloro equivalente	45 gramos por ciclo	200 gramos por ciclo
Concentración equivalente de solución	6 gramos por litro	6 gramos por litro
Consumo por ciclo		
Sal	210 gramos	1000 gramos
Energía electrica	0.275 kWh	1.60 kWh
Agua	7 litros	33 litros
Dimensiones		
Tamaño del electrodo	36 cm de largo	66 cm de largo
Largo del cable	120 cm	213 cm
Peso	1.2 kg	2.5 kg
Fuente de Poder		
Control de Corriente	Convertidor DC-a-DC electrónico	Convertidor DC-a-DC electrónico
Panel Solar	Siemens SP75	2 x Siemens SP75
Almacenamiento de Energía	Batería de plomo recargable	Batería de plomo recargable
Salida del convertidor	5VDC, 6A	9VDC,17A
Equipo adicional		
Batería de plomo recargable	75 amperios-hora, 12V, ciclo profundo	150 amperios-hora, ciclo profundo
Recipiente de polipropileno	4 a 10 litros	80 a 120 litros

Reacciones Quimicas

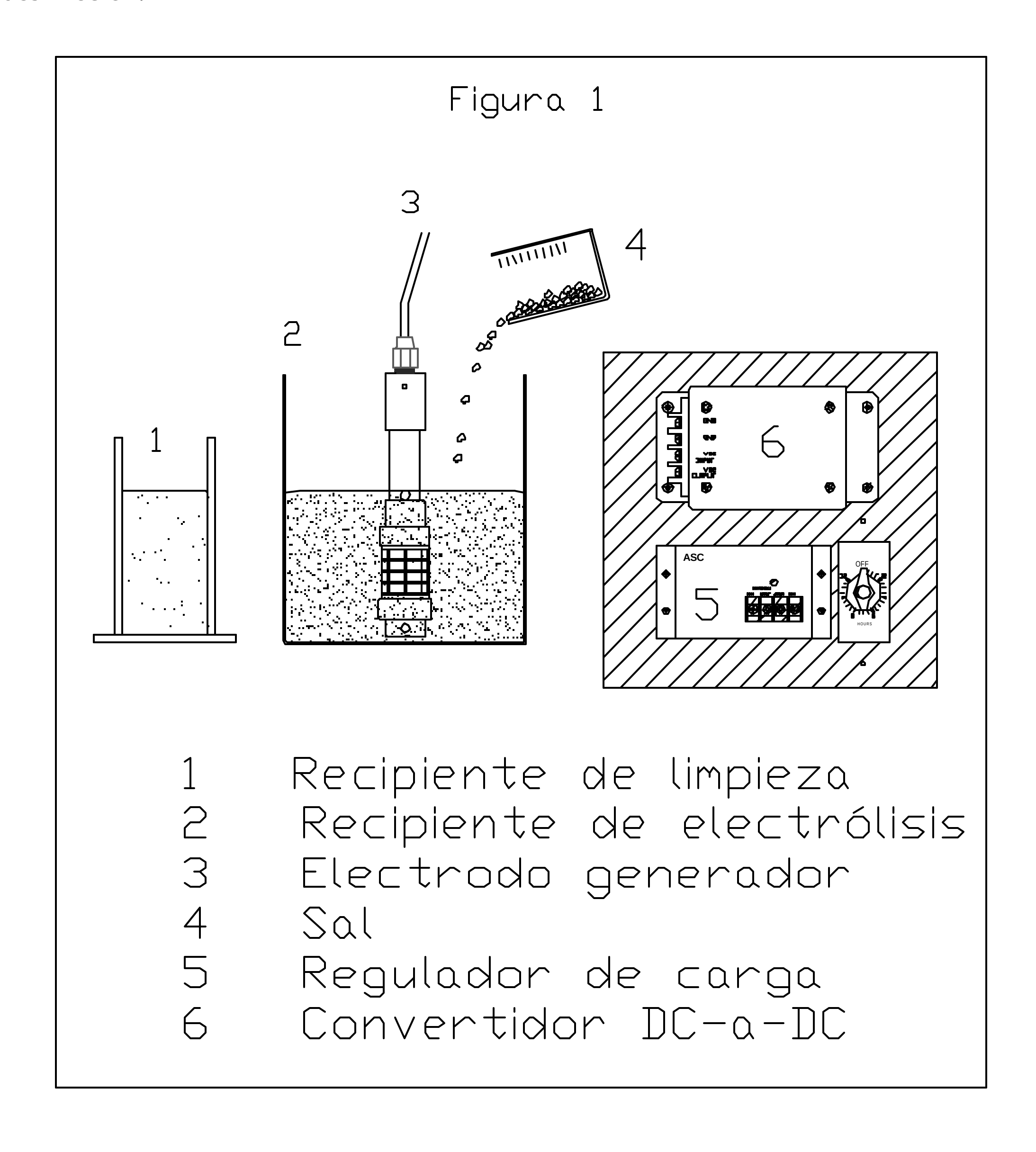
Tradicionalmente, el gas cloro, Cl_2, desinfecta el agua de acuerdo a las siguientes reacciones:

$$Cl_2 + H_2O \rightarrow HOCl + H^+ + Cl^-$$

El ácido hipocloroso, HOCl, se descompone en el ión hipoclorito, ClO^- . Este Ion hipoclorito es el cloro libre disponible, o agente verdadero de la desinfección. La mitad del cloro dosificado forma ácido clorhídrico, HCl, que no es un desinfectante, por lo que la mitad del cloro dosificado se pierde. El hipoclorito de sodio generado por el sistema Aquachlor es producido de acuerdo a la siguiente reacción:

$$2NaCl + 3H_2O \rightarrow HOCl + NaOH + 2H_2$$

El hipoclorito de sodio, NaOCl, y el ácido hipocloroso, HOCl, se descomponen para formar el ión hipoclorito ClO^-, el cual constituye el cloro libre disponible que es usado en la desinfeción.



Precauciones

Lea las instrucciones antes de instalar u operar el sistema.

Primeros Auxilios

- **Quemadura de los ojos** (debido a contacto con hipoclorito de sodio, ácido, o vinagre) Lave los ojos con agua abundante por 10 minutos. Lleve a la persona al médico para tratamiento.
- **Quemaduras de la piel** (debido a contacto con hipoclorito de sodio, vinagre, o ácido) Lave el área afectada con agua abundante por 10 minutos. Lleve a la persona al médico para tratamiento.
- **Ingestión oral de hipoclorito de sodio.** No induzca el vómito. Dele a tomar al paciente leche o un anti-ácido. Lleve al paciente urgentemente al médico.
- **Ingestión oral de ácido o vinagre**. No induzca el vómito. Lleve al paciente urgentemente al médico.

Instalacíón

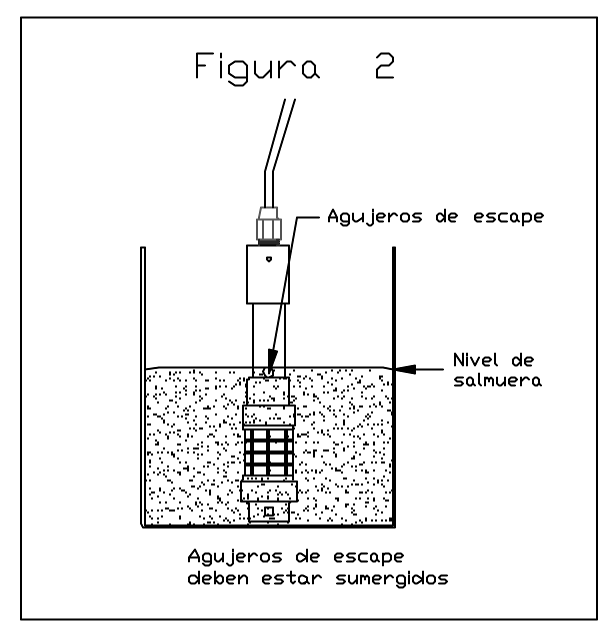
Descripción del Equipo

El sistema de generación de cloro consiste de una celda electrolítica, un recipiente de electrólisis, una celda fotovoltáica para producir electricidad, una batería de plomo recargable, un controlador de carga, y un convertidor de corriente DC-a-DC. La batería de plomo recargable y el recipiente para la electrólisis deberan ser obtenidos localmente de acuerdo a las especificaciones siguientes.

El recipiente de electrólisis contiene la salmuera mientras la misma se convierte en hipoclorito de sodio. El recipiente deberá ser de un material resistente al agua salada y al hipoclorito de sodio. Recipientes de PVC o de polipropileno son adecuados. Recipientes metálicos no son adecuados. Debido a que el electrodo generador de cloro es sumergido en la salmuera, las dimensiones del recipiente de electrólisis son importantes para el funcionamiento del sistema. El nivel de la salmuera deberá cubrir por lo menos uno de los agujeros de escape en el contorno de el electrodo generador (Figura 2).

Precauciones de Instalación

- Coloque el convertidor DC-a-DC fuera de la posibilidad de dañarlo debido a un derrame de liquidos.
- Asegúrese que la batería está conectada correctamente. Invertir la polaridad de la batería daña el convertidor DC-a-DC.
- La producción de cloro genera pequeñas cantidades de hidrógeno. Instale el sistema en un sitio con ventilación adecuada..



Un recipiente para predisolver la sal es recomendado, pero no es necesario. En este recipiente se disuelve la sal para facilitar la preparación de la salmuera. El tamaño de este recipiente no es crítico. Generalmente un pequeño balde de dos galónes es adecuado.

Un recipiente para medir la sal puede ser usado en vez de una balanza. Este recipiente debera tener marcas volumétricas correspondiente al peso de la sal en el recipiente. Debido a que la densidad de la sal puede variar, es necesario calibrar el recipiente de acuerdo a la sal usada.

El recipiente de mantenimiento se usa para limpiar el electrodo generador despues de cada uso. Este recipiente se llena con vinagre blanco puro, o con una solucion de ácido clorídrico (ácido muriatico) al 5% de concentración. En este recipiente se sumerge el electrodo generador, y está incluido en el sistema. .

IMPORTANTE: EL USO DE ACIDO EN CONCENTRACIONES MAYOR DE 5% DAÑARAN EL ELECTRODO GENERADOR. EL ACIDO MURIATICO OBTENIBLE GENERALMENTE TIENE UNA CONCENTRACION MAYOR DE 5%, Y DEBEA SER DILUIDO ANTES DE USARLO.

Descripción de instalación

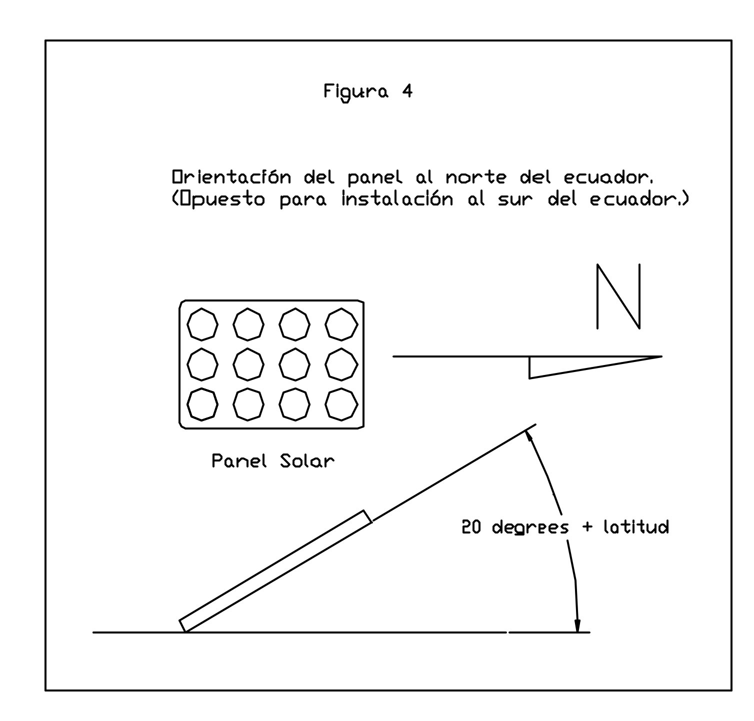
El sistema Aquachlor está diseñado para ser instalado permanentemente. Tenga mucho cuidado con el equipo si la instalación es portátil. El sistema deberá ser instalado solamente despues de haber leído el manual de instalación.

La instalación consiste en obtener el equipo adicional necesario, seleccionar un sitio de instalación adecuado, instalar permanentemente el panel fotovoltáico, y completar las instalaciones eléctricas.

Selección del Sitio de Instalación

El sitio para la instalación permanente del sistema debe ser selaccionado de acuerdo a las especificaciones y consideraciones de seguridad previamente delineadas.
El panel fotovoltáico debe ser instalado permanentemente en un sitio protegido de impactos y de vandalismo. Además, el sitio debe recibir la luz del sol durante el dia sin obstrucciones.

Para obtener el mayor funcionamiento del panel fotovoltáico durante todo el año, el panel debe tener una orientación e inclinación especifica. Generalmente, este ángulo es igual a la latitud local mas 20°. El panel debe ser orientado hacia el sur en latitudes norte del ecuador, y hacia el norte en latitudes al sur del ecuador. Vea la **figura 4**.



El sistema de generación no es inmune a los elementos. En particular, el convertidor DC-a-DC es electrónico y vulnerable a la humedad. Además, el proceso de generación produce pequeñas cantidades de hidrógeno, el cual debe ser ventilado a la atmósfera. Seleccione un sitio que proteja al convertidor DC-a-DC de los elementos, y a su vez, tenga suficiente ventilación para prevenir la acumulación del hidrógeno.

La producción de hipoclorito de sodio tiene algunos peligros. Solamente personas debidamente entrenadas y concientes de estos peligros deben tener acceso al equipo. Escoja un sitio que pueda restringir el acceso a aquellos que no estén concientes de los peligros, especialmente los niños.

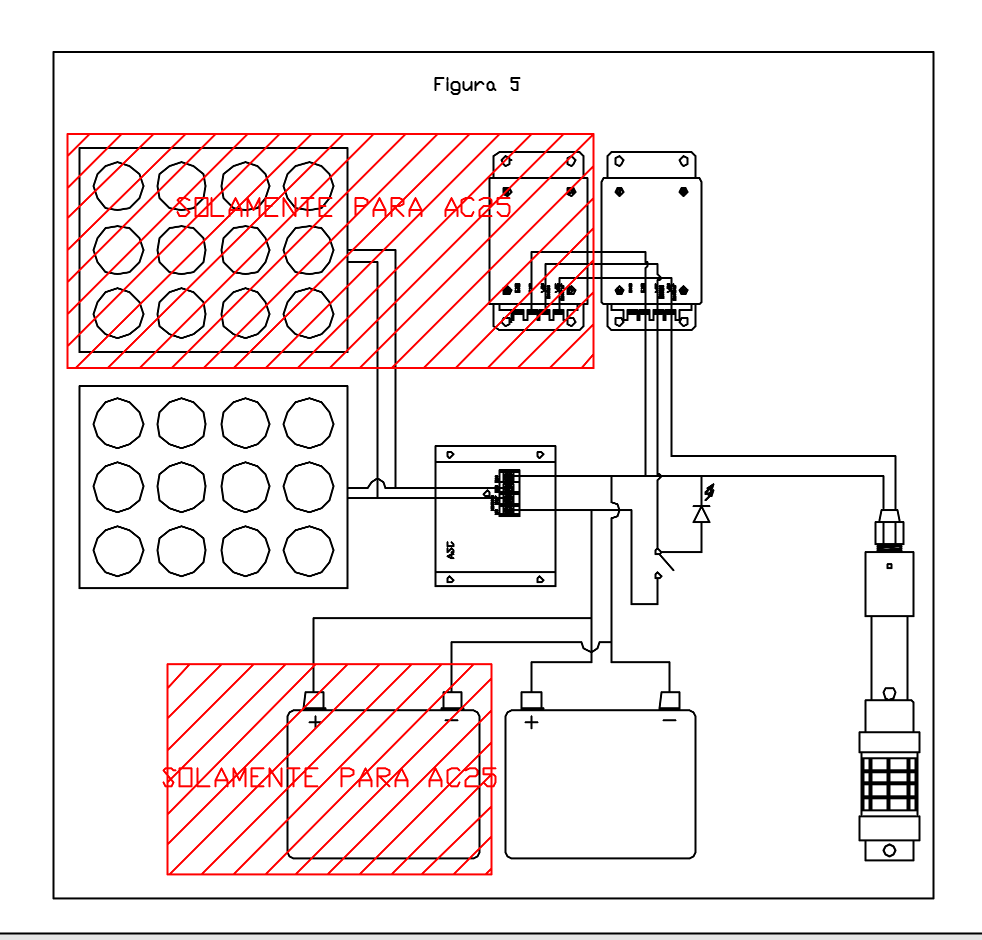
Conección eléctrica

Para simplificar la instalación, la mayor parte de las conecciones han sido hechas en la fábrica, y el resto tiene conectores polarizados y numerados. Para completar la instalación eléctrica, siga los siguientes pasos:

1. Usando cable de minimo 18AWG, conecte el panel solar al regulador de carga. Si está usando mas de un panel solar, conéctelos en paralelo. Es importante no invertir la polaridad.
2. Conecte los terminales de presión del controlador de carga a los bornes de la batería. **La polaridad es muy importante**. El terminal de presión rojo debe ir al

borne positivo de la batería (+). El terminal de presión negro debe ir al borne negativo de la batería (-).

3. Conecte los terminales del electrodo generador a los terminales en el panel de control marcados “CELL”. La polaridad es importante. El terminal del electrodo rojo debe de ser conectado al terminal en el panel marcado “+”. Este paso ha sido completado en la fabrica para el sistema AC5.



Precauciones de Operación

- No fume ni tenga fuego cerca del equipo.
- Asegúrese de no contactar la solución de cloro con los ojos o con la piel.
- Asegúrese de no contactar la solución de cloro con la ropa.
- No opere el electrodo mas de lo recomendado. Esto solamente consume energía sin incrementar significantemente la cantidad de cloro.
- El agua para preparar la salmuera debe de estar libre de partículas visibles. Si es necesario, filtre el agua con un filtro de tela.

Operación

Para operar el sistema, primero prepare la salmuera disolviendo 30 gramos de sal por cada litro de agua. Las cantidades de sal para distintos volumenes de agua están tabulados en la **tabla 1**. Sumerja el electrodo generador en la salmuera, y active el convertidor DC-a-DC conectando las dos terminales marcadas “1”. El tiempo de operación depende de la cantidad de agua usada, y esta tabulado en la **tabla 1**. Después que el ciclo haya terminado, desactive el convertidor DC-a-DC desconectando las terminales marcadas “1” y remueva el electrodo generador del agua. La salmuera ha sido convertida en una solución de hipoclorito de sodio, y está lista para ser usada.

Materiales

La producción de hipoclorito de sodio requiere solamente agua, sal, y energía. El agua debe de estar lo mas limpia posible. Aunque no es necesario que esta agua sea potable, es recomendado que en ella no se encuentren partículas visibles. Al igual, la sal debe de ser la mas pura que se puede obtener con facilidad. Impurezas en la sal incrementan la acumulación de calcio en el interior del electrodo, lo cual requiere mantenimiento adicional.

1. Preparación de la salmuera

Tabla 1

Cloro Producido (gramos)	Volumen De agua (litros)	Sal (gramos)	Tiempo de Operación (horas)	
			AC5	AC25
10	1.67	50	2	
15	2.50	75	3	
20	3.33	100	4	
25	4.17	125	5	1
30	5.00	150	6	
35	5.83	175	7	1.4
50	8.33	250		2
75	12.50	375		3
100	16.67	500		4
125	20.83	625		5
150	25.00	750		6

Llene el recipiente de electrólisis con agua y mida 30 gramos de sal por cada litro de agua. Mezcle la sal con el agua y agite el agua hasta que la sal esté completamente disuelta. Esto producirá una salmuera con concentración de 3%. Moler la sal facilita la preparación de la salmuera.

2. Activado del electrodo

Antes de intruducir el electrodo en la salmuera, asegúrese que el convertidor DC-a-DC esté apagado. El reloj de ciclo debe estar en la posisión "OFF", y la luz roja cerca del reloj debe de estar apagada.

Después de haber preparado la salmuera, intruduzca el electrodo generador en la salmuera y ajuste el tiempo del ciclo en el reloj. El reloj automaticamente activa el electrodo. El tiempo de electrólisis depende del volumen de agua, y está tabulado en la **tabla 1**.

IMPORTANTE: SUMERGIR EL ELECRODO GENERADOR EN LA SALMUERA MIENTRAS EL CONVERTIDOR DC-A-DC ESTÁ ACTIVADO PUEDE DAÑAR AL CONVERTIDOR Y EL ELECTRODO. DESCONECTE LA CORRIENTE AL CONVERTIDOR ANTES DE SUMERGIR EN LA SALMUERA

Mientras está activado, el electrodo generador produce hidrógeno, el cual es manifiesta como un burbujéo que desemboca por agujeros en el electrodo. Además, la luz roja cerca del reloj debe estár encendida.

3. Fin del ciclo.

El reloj desconectará la corriente al electrodo automáticamente al terminar el ciclo. Al haber terminado el ciclo remueva el electrodo de la salmuera.

La concentración equivalente de cloro de la solución en el recipiente de electrólisis despues de haber terminado el ciclo es de por lo menos 6 gramos por litro, o 0.6%. Esta solución se puede usar para desinfectar grandes cantidades de agua para tomar. La cantidad de desinfectante que debe de usar depende de muchos factores, y debe de ser determinada por un experto en purificación de agua..

4. Recargado de Baterias.

El controlador de carga automáticamente regula el nivel de energía almacenado en la batería de ácido. El panel fotovoltáico siempre se debe mantener conectado al controlador, y el controlador siempre se debe mantener conectado a la batería, aun cuando el electrodo no está en uso. La cantidad de energía producida por el panel fotovoltáico depende de la latitud local de instalación.

Para el sistema AC5 en latutitudes tropicales, el panel es capaz de reponer en un día la energía consumída en siete horas de uso del electrodo. La batería recomendada puede almacenar energía para operar el electrodo durante 20 horas. De esta manera, el electrodo puede ser usado por la noche, o después de un día nublado.

Para el sistema AC25 en latitudes tropicales, los paneles son capaz de reponer en un día la energía consumida durante tres horas de uso del electrodo. Las baterías recomendadas pueden almacenar energía para operar el sistema durante 9 horas. De esta manera, el sistema puede ser usado diariamente por tres horas, o se puede usar día de por medio por seis horas.

Mantenimiento

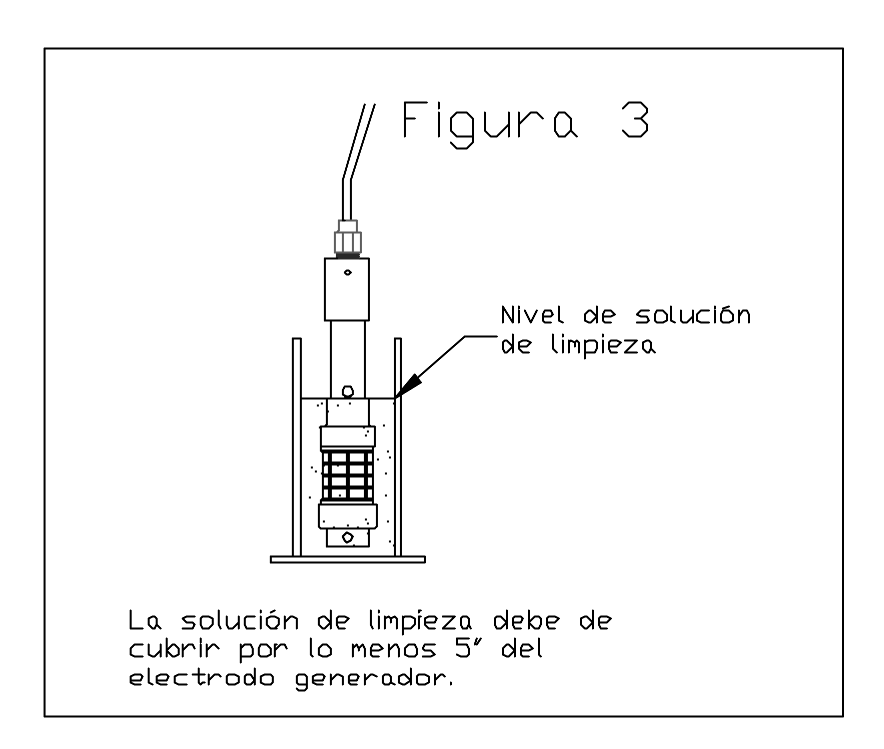
Precauciones de Mantenimiento

- El electrodo debe estar desactivado antes de introducir el electrodo generador en el recipiente de limpieza.
- Enjuage el electrodo generador con agua antes de introducirlo en el recipiente de limpieza y después de removerlo del mismo.
- Nunca mezcle el ácido de limpieza con hipoclorito de sodio.

Impurezas contenidas en el agua y la sal usadas para preparar la salmuera se acumulan en el interior del electródo. Esta acumulación debe de ser removida periodicamente usando una solución de ácido diluida. Si la acumulación de impurezas no es removida , el electrodo generador y el convertidor DC-a-DC pueden sufrir daños.

El electrodo generador debe de ser limpiado despues de cada uso en la siguiente manera:

1. Enjuage el electrodo con agua sin cloro.
2. Sumerja al menos las 5" inferiores de la cápsula portante de los electrodos en vinagre puro, o en una solucion de ácido muriático al 5% de concentración. Vea la figura 3.
3. Después de 15 minutos, remueva el electrodo y enjuage con agua sin cloro.



IMPORTANTE: NUNCA MEZCLE LA SOLUCIÓN DE VINAGRE O ÁCIDO CON HIPOCLORITO DE SODIO. NUNCA USE ÁCIDO PURO PARA LIMPIAR EL ELECTRODO. NUNCA ACTIVE EL CONVERTIDOR DC-A-DC MIENTRAS EL ELECTRODO ESTÁ EN LA SOLUCIÓN DE ÁCIDO.

Dosificación

Tabla 2

Volumen de agua para desinfectar		Dosis de the Solución de NaOCl al 0.6% de concentración								
		2 PPM			3 PPM			4 PPM		
Gals.	Ltrs.	Ltrs.	Gals.	gramos de Cl_2	Ltrs.	Gals	Gramos de Cl_2	Ltrs.	Gals.	Gramos de Cl_2
1321	5000	1.67	0.44	10.00	2.50	0.66	15.00	3.33	0.88	20.00
1981	7500	2.50	0.66	15.00	3.75	0.99	22.50	5.00	1.32	30.00
2642	10000	3.33	0.88	20.00	5.00	1.32	30.00	6.67	1.76	40.00
3302	12500	4.17	1.10	25.00	6.25	1.65	37.50	8.33	2.20	50.00
3963	15000	5.00	1.32	30.00	7.50	1.98	45.00	10.00	2.64	60.00
4623	17500	5.83	1.54	35.00	8.75	2.31	52.50	11.67	3.08	70.00
5000	18927	6.3	1.67	37.85	9.5	2.50	56.78	12.6	3.33	75.71
6000	22712	7.6	2.00	45.42	11.4	3.00	68.14	15.1	4.00	90.85
7000	26498	8.8	2.33	53.00	13.2	3.50	79.49	17.7	4.67	105.99
8000	30283	10.1	2.67	60.57	15.1	4.00	90.85	20.2	5.33	121.13
9000	34069	11.4	3.00	68.14	17.0	4.50	102.21	22.7	6.00	136.27
10000	37854	12.6	3.33	75.71	18.9	5.00	113.56	25.2	6.67	151.42
16000	60567	20.2	5.33	121.13	30.3	8.00	181.70	40.4	10.67	242.27

Un litro de hipoclorito de sodio al 0.6% mezclado con 6000 litros de agua producen una parte por millón (1PPM) de cloro en el agua. Para producir 2PPM de concentración de cloro, use 2 litros de hipoclorito de sodio en 6000 litros de agua.

Verificación

Para asegurarse de la eficacia del desinfectante, la concentración del hipoclorito de sodio producida por el sistema debe de ser verificada periodicamente. Existen varios procesos para medir la concentración de hipoclorito de sodio en el agua. Dos de ellos son el proceso iodométrico, y el proceso de dilución. El proceso iodométrico es el mas exacto de los dos, pero tambien requiere la mayor cantidad de equipo. El proceso de dilución es facil de aplicar y lo suficientemente preciso para determinar la efectividad del desinfectante.

Proceso Iodométrico

Equipo

1. Solución .01N $Na_2S_2O_3$
2. Solución 10% KI
3. Solución 50% H_2SO_4
4. Indicador de almidón
5. Frasco de 125 ml
6. Pipeta graduada de 5ml

7. Pipeta graduada de 10ml
8. Bureta de 25ml
9. Gotero de vidrio

Procedimiento

1. Usando la pipeta de 10ml, añnada 20ml de la solución KI al frasco de 125ml.
2. Usando el gotero, añada 6 gotas de H_2SO_4 .
3. Usando la pipeta de 5ml, añada 3ml de la muestra por probar. La mezcla debe de cambiar de color.
4. Usando la bureta, titúle inmediatamente con la solución .01N $Na_2S_2O_3$ a un amarillo claro.
5. Añada tres gotas de indicador de almidón.
6. Termine de titular con la solución .01N $Na_2S_2O_3$ hasta no tener color.

Para calcular la concentración de cloro disponible:

Concentración en gramos de cloro por litro:
=($Na_2S_2O_3$ usado en ml) x (0.01) x (1000) x (35.5) / (3)

Proceso de dilución

Equipo

1. Pipeta graduada de 5ml
2. probetas de 10 ml (2)
3. Medidor de cloro colorimétrico tipo DPD (comúnmente usados para piscinas).
4. Agua destilada.

Procedimiento

1. Usando la pipeta graduada de 5ml mezcle en una probeta 1ml de la muestra con 9 ml de agua destilada.
2. En la segunda probeta mezcle 0.1ml de la solución en la primer probeta con 9.9ml de agua destilada.
3. Mida la concentración de cloro de la segunda probeta usando el medidor de cloro colorimétrico DPD de acuerdo a las instrucciones del mismo.

Para calcular la concentración de cloro disponible:

La escala del medidor de cloro colorimétrico puede ser interpretada directamente como gramos de cloro por litro de solución.

Resumen de operación

GARANTIA DEL EQUIPO AQUACHLOR

El sistema **AQUACHLOR** ofrece la siguiente garantía:

Garantía de un año a partir de la fecha de compra en sus partes eléctricas y mecánicas, en su funcionamiento, eficiencia y concentración de generación del hipoclorito de sodio e integridad física tanto en el tubo portante, cápsula portante de ánodos y cátodos, conectores eléctricos y cableado general. Esta garantía es válida siempre y cuando se sigan las instrucciones de instalación, operación y mantenimiento descritas en el Manual suplido con el equipo.

La limpieza de los electrodos con ácido muriático al 5% o vinagre blanco puro se tiene que seguir de acuerdo a las instrucciones para que esta garantía sea válida. Se suministra un recipiente especial para esta limpieza.

En caso de que los electrodos o la fuente de poder fallen, estos se enviarán a la fábrica para determinar la causa del defecto y se repararán o reemplazarán dependiendo del caso y a la discreción de la fábrica de determinar que las partes son defectuosas debido a manufactura y que aún con el uso apropiado y recomendado estas hallan fallado. El transporte a la fábrica o al taller local será por cuenta del cliente.

Esta garantía no cubre lo siguiente:

- Daños por instalación inapropiada
- Daños causados por el transporte
- Daños por mal uso, abuso, accidentes, alteraciones, mal mantenimiento.
- Conexión con polaridad invertida, conexiones con corriente o voltaje inapropiados.
- Haber abierto la fuente de poder
- Haber desarmado los electrodos
- Introducción o derrame de líquidos en la fuente de poder
- Descargas eléctricas por tormentas

GARANTÍA ESPECIAL DEL RECUBRIMIENTO

Tanto el recubrimiento como las partes generales del sistema tienen una garantía total de un año. La vida del recubrimiento se garantiza por un período adicional de 24 meses durante los cuales se reempazarán los electrodos calculando su costo de reposición de manera prorata en caso de fallas por desprendimiento del mismo, aumento del amperaje utilizado en el proceso o por no alcanzar la concentración del hipoclorito de sodio del 0.6% dentro de los parámetros especificados en el manual. Esta garantía es contingente al ejercicio del mantenimiento tal como descrito en el manual. Especialmente a lo concerniente del lavado de ácido y de la correcta polaridad de conección.